



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 38 536 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**A 46 D 3/04**  
A 46 B 1/00  
B 29 C 45/14

⑦① Aktenzeichen: 100 38 536.2  
⑦② Anmeldetag: 8. 8. 2000  
⑦③ Offenlegungstag: 21. 2. 2002

DE 100 38 536 A 1

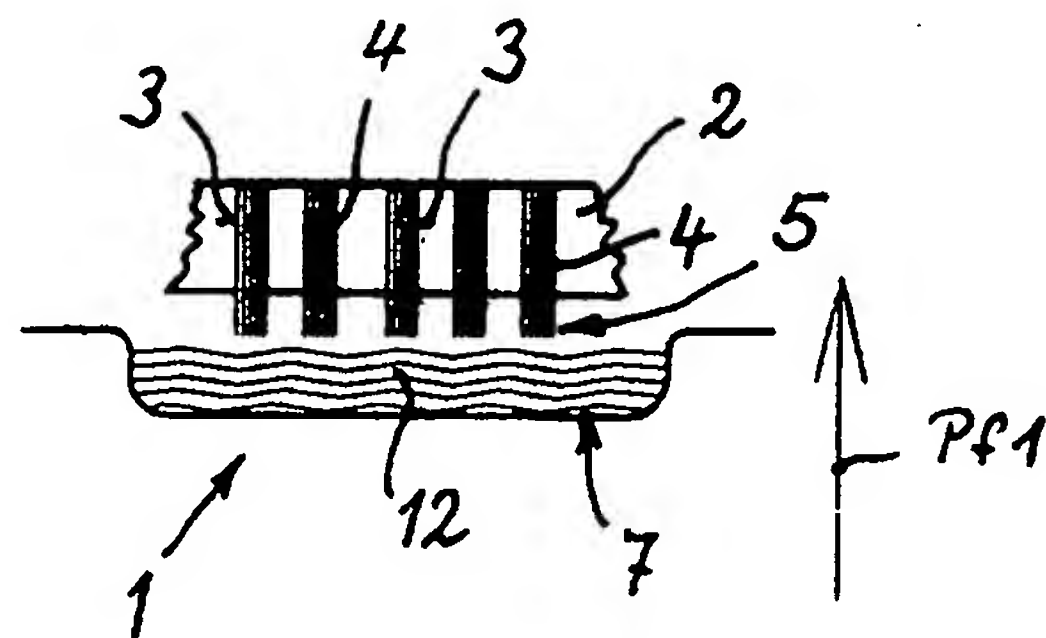
⑦① Anmelder:  
Anton Zahoransky GmbH & Co., 79674 Todtnau, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Patent- und Rechtsanwaltssozietät Maucher, Börjes  
& Kollegen, 79102 Freiburg

⑦② Erfinder:  
Heidenreich, Ralf, 79199 Kirchzarten, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zum Herstellen von Bürsten

⑤⑦ Ein Verfahren dient zum Herstellen von Bürsten und insbesondere in dessen Kopfbereich eingespritzten Borstenbündeln (4). Dazu ist eine Spritzgießmaschine mit einer Spritzgießform vorgesehen, wobei die Borstenbündel in Durchgangskanäle (3) einer Formhälfte (2) eingeführt werden, so daß sie mit ihren Befestigungsenden (5) in den Formnestbereich der Spritzgießform ragen. Die Befestigungsenden werden dann erwärmt und durch Verformung in ihrem Querschnitt erweitert und anschließend erfolgt der Spritzvorgang. Die Borstenbündel werden zumindest im Bereich ihrer Befestigungsenden vor dem Spritzvorgang des Bürstenkörpers und vorzugsweise auch vor dem Erwärmen und Verformen der Befestigungsenden mit einem Kühlmittel (12) in Kontakt gebracht. Unmittelbar nach dem Kühlen der Borstenbündel (4) erfolgt das Erwärmen und Verformen der Borstenbündel-Befestigungsenden sowie der Spritzvorgang des Bürstenkörpers.



DE 100 38 536 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen von Bürsten mit einem Bürstenkörper und insbesondere in dessen Kopfbereich eingespritzten Borstenbündeln, wobei eine Spritzgießmaschine mit einer Spritzgießform vorgesehen ist, wobei die Borstenbündel in Durchgangskanäle einer Formhälfte eingeführt werden, so daß sie mit ihren Befestigungsenden in den Formnestbereich der Spritzgießform ragen, wobei dann die Befestigungsenden erwärmt und durch Verformung in ihrem Querschnitt erweitert werden, und wobei anschließend der Spritzvorgang erfolgt.

[0002] Beim Herstellen von Bürsten aus Kunststoff mit eingespritzten Borstenbündeln werden die in der Form liegenden Borstenbündel-Enden zum Formen von aufgezpilzten Befestigungsenden erwärmt und anschließend durch das Einspritzen des Spritzmaterials von diesem eingebettet und dadurch weiter erwärmt. Vor dem Entformen muß der Formmasse möglichst viel Wärme entzogen werden, damit das Spritzgußteil möglichst schnell soweit abkühlt, daß es beim Entformen eine ausreichende Formstabilität aufweist. Üblicherweise werden Kühlsysteme verwendet, die flüssigkeitsdurchströmte Kühlkanäle aufweisen. Dadurch kann die Zykluszeit verkürzt werden.

[0003] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Herstellen von Bürsten mit eingespritzten Borstenbündeln zu schaffen, bei dem die Zykluszeit weiter verkürzt ist und bei dem die Gefahr des Verformens und der Lageveränderung insbesondere der Borstenbündel beim Entformen reduziert ist.

[0004] Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, daß die Borstenbündel zumindest im Bereich ihrer Befestigungsenden vor dem Spritzvorgang des Bürstenkörpers mit einem Kühlmittel in Kontakt gebracht werden.

[0005] Für den Formvorgang und das Einbetten der Befestigungsenden der Borstenbündel ist eine Verschmelzung des Borstenbündel-Materials und des Bürstenkörper-Materials nicht vorgesehen. Aus diesem Grund ist eine Erwärmung der Borstenbündel an sich unerwünscht. Durch die vor dem Spritzvorgang vorgenommene Kühlung der Borstenbündel kann eine schnellere Abkühlung des Bürstenkörpers insbesondere im Bereich der Borstenbündel-Halterung und Einbettung im Bürstenkörper erreicht werden. Damit ist eine schnellere Stabilisierung der Borstenbündel vorhanden, so daß schon nach einer verkürzten Abkühlzeit eine Entformung möglich ist, ohne daß die Gefahr einer Lageveränderung der Borstenbündel, zum Beispiel ein Schiefstellen, besteht.

[0006] Bei Handlingsystemen, die zum Entnehmen der Bürsten am Borstenfeld einer Bürste angreifen, ist diese schnelle Stabilisierung der Verbindung zwischen Bürstenkörper und Borsten besonders wichtig.

[0007] Bevorzugt ist vorgesehen, daß die in den Durchgangskanälen einer Formhälfte befindlichen Borstenbündel vor dem Erwärmen und Verformen der Befestigungsenden sowie vor dem Spritzvorgang mit einem Kühlmittel in Kontakt gebracht werden und daß vorzugsweise unmittelbar nach dem Kühlen der Borstenbündel das Erwärmen und Verformen der Borstenbündel-Befestigungsenden sowie der Spritzvorgang des Bürstenkörpers erfolgen.

[0008] Vor dem Anformen der eine Aufpilzung bildenden Querschnittserweiterung liegen die einzelnen Filamente am Befestigungsende der Borstenbündel frei, so daß Kühlmittel in die kapillaren Zwischenräume der Borstenbündel eindringen kann. Dadurch ist in kürzester Zeit nicht nur eine außenflächige, sondern auch eine innere Kontaktierung der Borstenbündel beziehungsweise ihrer Filamente mit Kühlmittel

vorhanden. Die Kühlmittelkontaktierung ist dadurch wesentlich großflächiger und damit auch wirksamer. Somit kann ein größeres Kältepotential gespeichert werden, das zur Kühlung über den Zeitraum der Erwärmung der Borstenbündel-Befestigungsenden und dem anschließenden Spritzvorgang wirksam bleibt.

[0009] Die Erwärmung der Borstenbündel-Befestigungsenden erfolgt in der Regel nur soweit, daß eine Verformung, insbesondere eine Aufpilzung des Endbereiches möglich ist.

[0010] Es ist aus der EP 0 759 711 aber auch bekannt, ein Aufschmelzen der Borstenbündel-Befestigungsenden vorzunehmen, bei der die Temperaturbeaufschlagung so groß ist, daß eine thermische Schädigung der Borstenbündel in ihrem an die Aufpilzung anschließenden Bereich angenommen wird. In diesem Fall wird vorgeschlagen, die Aufpilzung mit Abstand zu der Bürstenkörper-Oberfläche einzubetten, so daß der möglicherweise thermisch geschädigte Bereich der Borstenbündel innerhalb des Bürstenkörper-Materials liegt und sich nicht nachteilig auswirkt.

[0011] Erfolgt die erfindungsgemäß vorgesehene Kühlung der Borstenbündel vor dem gegebenenfalls mit höherer Temperaturbelastung vorgenommenen Aufpilzen, so kann eine thermische Schädigung des angrenzenden Borstenbündel-beziehungsweise Filament-Bereiches sicher vermieden werden. Eine Einbettung der Aufpilzung mit Abstand zur Bürstenkörper-Oberfläche ist dann nicht mehr erforderlich.

[0012] Vielmehr besteht nun die Möglichkeit, das Erwärmen und Verformen der Befestigungsenden der Borstenbündel nach dem Kühlen bis etwa zur Innenseite der die Durchgangskanäle für die Borstenbündel aufweisenden Formhälfte vorzunehmen. Die Aufpilzungen sind dann nahe an der Bürstenkörper-Oberfläche positioniert und es können dadurch zum Beispiel sehr flache Bürsten-Köpfe produziert werden. Dies kann für eigenelastische, das heißt in sich elastische und sich an äußere Druckbeaufschlagungsprofile anpassende Bürsten-Köpfe vorteilhaft sein. Elastische Gelenke im Bürsten-Kopfbereich, die aufwendig herstellbar sind, können dadurch vermieden werden.

[0013] Nach einer Ausführungsform wird ein flüssiges Kühlmittel mit den Borstenbündeln in Kontakt gebracht, wobei dieses mittelbar aufgetragen oder direkt aufgesprüht wird. Durch Kapillarwirkung begünstigt, dringt das flüssige Kühlmittel in die Zwischenräume ein und umschließt dadurch die Filamente, die somit gut gekühlt beziehungsweise auch gegen die Umgebungswärme beim Anformen der aufgezpilzten Befestigungsenden und beim Spritzvorgang isoliert sind.

[0014] Zweckmäßigerweise wird das flüssige Kühlmittel in einer Menge aufgetragen, daß durch die Wärmezufuhr beim Erwärmen der Befestigungsenden und dem nachfolgenden Spritzvorgang das flüssige Kühlmittel zumindest weitgehend verdampft. Der Verdampfungspunkt der Flüssigkeit liegt somit niedriger als der Schmelzpunkt der Filamente, so daß auch der Dampf der Flüssigkeit die Filamente kühlt und schützt und das Speichern von Wärme in den Borstenbündeln reduziert.

[0015] Die Kontaktierung des flüssigen Kühlmittels kann durch Tauchung oder durch Benetzung mit einem Trägerteil mittelbar erfolgen.

[0016] Nach einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein flüssiges Kühlmittel verwendet, welches hinsichtlich seiner Eigenschaften so ausgewählt ist, daß eine Kühlwirkung und zusätzlich eine Dichtwirkung beim nachfolgenden Spritzvorgang erzielt wird und daß insbesondere ein Gel oder eine thixotrope Flüssigkeit mit den Borstenbündeln in Kontakt gebracht wird.

[0017] Obgleich eine Kühlflüssigkeit innerhalb der Kapillaren zwischen den Borstenbündel-Filamenten bei ausrei-

chender Flüssigkeitsmenge, die zur Kühlung der Borstenbündel insbesondere etwa bis zum Entformen ausreicht, auch eine Sperrwirkung gegen den Durchtritt von Gasen bildet, können spezielle Flüssigkeiten diese Dichtwirkung noch verbessern. Einsetzbar sind etwas höherviskose Flüssigkeiten oder beispielsweise auch Gele oder Flüssigkeiten mit thixotropen Eigenschaften.

[0018] Wegen der einfachen Verfügbarkeit wird jedoch als flüssiges Kühlmittel bevorzugt Wasser eingesetzt, das gegebenenfalls mit einem vorzugsweise antiseptischen Zusatzmittel zur Keimabtötung versehen ist. Wasser hat eine hohe Verdampfungswärme und in Verbindung mit einem antiseptischen Zusatzmittel besteht der Vorteil, daß beim späteren Gebrauch eindringende Bakterien unschädlich gemacht werden können.

[0019] Als flüssiges Kühlmittel kann auch Glyzerin insbesondere in Lösung mit Wasser oder Alkohol verwendet werden.

[0020] Es besteht auch die Möglichkeit, ein auf den Borstenoberflächen haftendes Kühlmittel aufzubringen. Dieses Kühlmittel hat einerseits die erwünschte Kühlwirkung und bildet andererseits eine Isolierschicht mit Wärmeschutzwirkung.

[0021] Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird ein gasförmiges Kühlmittel mit den Borstenbündeln in Kontakt gebracht. Auch damit kann eine Vorkühlung der Borstenbündel erfolgen. Dabei kann das Kontaktieren mit dem gasförmigen Kühlmittel besonders einfach vorgenommen werden, vorzugsweise, indem das gasförmige Kühlmittel im wesentlichen punktuell mit den einzelnen Borstenbündeln in Kontakt gebracht wird.

[0022] Bevorzugt ist dabei vorgesehen, daß als gasförmiges Kühlmittel ein expandiertes Gas, vorzugsweise Luft, gegebenenfalls Stickstoff mit den Borstenbündeln in Kontakt gebracht wird. Durch das Expandieren wird eine hohe Kälte Wirkung erzielt. Das Kühlmittel kann platzsparend in komprimierter, vorzugsweise flüssiger Form bevorratet werden.

[0023] Nachstehend ist die Erfindung mit ihren wesentlichen Einzelheiten anhand der Zeichnungen noch näher erläutert.

[0024] Es zeigt stärker schematisiert:

[0025] Fig. 1 eine Teilansicht einer Spritzgießform mit Borstenbündeln und diesen zugeordneter Kühlvorrichtung mit einer Kühlflüssigkeit,

[0026] Fig. 2 eine Teilansicht einer Spritzgießform mit Borstenbündeln und diesen zugeordneter Kühlvorrichtung mit einem eine Kühlflüssigkeit beinhaltenen Schwamm,

[0027] Fig. 3 eine Teilansicht einer Spritzgießform mit Borstenbündeln und einer Kühlvorrichtung zum Zuführen von flüssigem oder gasförmigem Kühlmittel über eine Sprühdüse, und

[0028] Fig. 4 eine Teilansicht einer Spritzgießform mit Borstenbündeln und diesen zugeordnetem Sprühkopf für flüssiges oder gasförmiges Kühlmittel.

[0029] Eine in Fig. 1 gezeigte Kühlvorrichtung 1 ist einer Spritzgießform zugeordnet, von der ein Teil einer Formhälfte 2 erkennbar ist. In dieser befinden sich Durchgangskanäle 3, in die Borstenbündel 4 so eingeführt sind, daß sie mit ihren Befestigungsende 5 in den späteren Formnestbereich der Spritzgießform ragen. Mit einer zweiten Formhälfte, die in den Ausführungsbeispielen nicht dargestellt ist, wird die Form vor dem Spritzvorgang geschlossen und die Befestigungsenden 5 werden dann in dem Spritzvorgang mit Spitzmaterial umspritzt und darin eingebettet.

[0030] Um die Verankerung der Borstenbündel in dem den späteren, aus Spritzmaterial gebildeten Bürstenkörper zu verbessern, werden deren Befestigungsenden 5 durch Er-

wärmen und durch Druckbeaufschlagung vorzugsweise mit einer beheizten Platte aufgepilzt, wie dies strichliniert an einem der Borstenbündel in Fig. 3 angedeutet ist.

[0031] Zur Reduzierung der Wärmeaufnahme sowohl beim Anformen von Aufpitzungen 6 an den Borstenbündel-Befestigungsenden 5 als auch bei dem anschließenden Spritzvorgang, werden die Borstenbündel 4 mit Hilfe der in Fig. 1 durch ein Tauchbad 7 gebildeten Kühlvorrichtung 1 gekühlt. In dem Tauchbad 7 befindet sich eine Kühlflüssigkeit 12, die bei Kontakt mit den Befestigungsenden 5 durch Kapillarwirkung die Borstenbündel praktisch über die gesamte Länge benetzt.

[0032] Bei einem anschließenden Aufpizen durch Erwärmen der freien Enden der Borstenbündel und mechanische Druckbeaufschlagung wird zwar dieser Aufpitzbereich ausreichend für eine Verformung erwärmt, der unmittelbar sich anschließende Bereich wird jedoch durch die Benetzung mit der Kühlflüssigkeit und auch durch die im Borsteninneren in den Kapillaren befindlichen Flüssigkeit soweit gekühlt, daß hier keine die Struktur der Borstenbündel verändernde Erwärmung stattfindet.

[0033] Die Kühlung der Borstenbündel vor dem Anformen der Aufpitzungen 6 ist insbesondere dann sinnvoll, wenn eine sehr starke Erwärmung der aufzupitzenden Befestigungsenden mit Aufschmelzen des Materiales stattfindet. Wird für die Aufpitzung jedoch nur eine Erwärmung vorgenommen, durch die zwar eine Verformung möglich ist, ein Aufschmelzen jedoch noch nicht stattfindet, so kann die Kühlung der Borstenbündel auch nach dem Aufpizen erfolgen. Die Borstenbündel bleiben dadurch während des Spritzvorganges gekühlt und eine verformungssichere Verankerung im Bürstenkörper ist nach wesentlich kürzerer Abkühlzeit als bisher erreichbar.

[0034] Aus verfahrenstechnischen Gründen und wegen der besseren Zugänglichkeit der inneren Kapillaren zwischen den einzelnen, die Borstenbündel bildenden Filamenten, wird die Kühlung der Borstenbündel zweckmäßigerweise jedoch schon vor dem Aufpizen der Befestigungsenden vorgenommen, auch wenn die Erwärmung zum Aufpizen relativ gering bleibt.

[0035] Die Verwendung eines Tauchbades 7 erfordert eine horizontale Lage von diesem und eine entsprechende Zuordnung der Spritzgießform.

[0036] Um lageunabhängig arbeiten zu können, kann als Kühlmittelträger auch ein saugfähiges Trägerteil 8, insbesondere ein Schwamm vorgesehen sein, wie dies in Fig. 2 angedeutet ist. Ebenso wie bei dem Tauchbad 7 wird die im Trägerteil 8 aufgesaugte Flüssigkeit mit den Enden der Borstenbündel in Kontakt gebracht, indem das Trägerteil gemäß dem Pfeil PF1 an diesen Enden positioniert wird. Die im Trägerteil befindliche, punktiert angedeutete Kühlflüssigkeit 12 benetzt dann die Borstenbündelenden und verteilt sich in den Borstenbündeln durch Kapillarwirkung.

[0037] In gleicher Weise erfolgt dies gemäß Fig. 1, wo das gesamte Tauchbad 7 gemäß dem Pfeil PF1 soweit an die Borstenbündel herangefahren wird, bis die Enden etwas in die Flüssigkeit des Tauchbades 7 eintauchen.

[0038] Fig. 3 zeigt eine Kühlvorrichtung 1 mit einer Sprühdüse 9, mittels der flüssiges oder gasförmiges Kühlmittel 12 an den aus der Formhälfte 2 vorstehenden Borstenbündel-Enden aufgebracht werden kann. Die Sprührichtung verläuft hier quer zur Längserstreckung der Borstenbündel und es wird von der Seite her eingesprüht, so daß nur wenig Platz für diese Kühlvorrichtung 1 beansprucht wird. Bei Spritzgießformen, die nur einen geringen Öffnungsraum zwischen den auseinandergefahrenen Formhälften aufweisen, ist diese Kühlvorrichtung besonders vorteilhaft einsetzbar. Es kann hierbei eine einzige Sprühdüse vor-

gesehen sein oder aber auch mehrere in unterschiedliche Richtungen orientierte Sprühdüsen, wobei mehrere Sprühdüsen insbesondere dann vorgesehen sind, wenn es sich um größerflächige Borstenfelder handelt.

[0039] Fig. 4 zeigt eine Kühlvorrichtung 1 mit einem Sprühkopf 10, der mehrere Austrittsdüsen 11 für flüssiges oder gasförmiges Kühlmittel 12 aufweist. Gegebenenfalls kann jedem Borstenbündel 4 eine Austrittsdüse 11 zugeordnet sein, so daß eine praktisch punktuelle, gezielte Zuführung des Kühlmittels 12 zu jedem einzelnen Borstenbündel möglich ist. Eine unerwünschte Beaufschlagung der die Borstenbündel umgebenden Bereiche mit Kühlmittel wird dadurch weitestgehend vermieden.

[0040] Die Austrittsdüsen 11 sind in dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 praktisch coaxial zu den einzelnen Borstenbündeln 4 angeordnet.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Bürsten mit einem Bürstenkörper und insbesondere in dessen Kopfbereich eingespritzten Borstenbündeln (4), wobei eine Spritzgießmaschine mit einer Spritzgießform vorgesehen ist, wobei die Borstenbündel (4) in Durchgangskanäle (3) einer Formhälfte (2) eingeführt werden, so daß sie mit ihren Befestigungsenden (5) in den Formnestbereich der Spritzgießform ragen, wobei dann die Befestigungsenden erwärmt und durch Verformung in ihrem Querschnitt erweitert werden, und wobei anschließend der Spritzvorgang erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Borstenbündel (4) zumindest im Bereich ihrer Befestigungsenden (5) vor dem Spritzvorgang des Bürstenkörpers mit einem Kühlmittel (12) in Kontakt gebracht werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in den Durchgangskanälen (3) einer Formhälfte (2) befindlichen Borstenbündel (4) vor dem Erwärmen und Verformen der Befestigungsenden sowie vor dem Spritzvorgang mit einem Kühlmittel (12) in Kontakt gebracht werden und daß vorzugsweise unmittelbar nach dem Kühlen der Borstenbündel (4) das Erwärmen und Verformen der Borstenbündel-Befestigungsenden (5) sowie der Spritzvorgang des Bürstenkörpers erfolgen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein flüssiges Kühlmittel (12) mit den Borstenbündeln (4) in Kontakt gebracht wird und daß dieses mittelbar aufgetragen oder aufgesprüht wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein flüssiges Kühlmittel (12) durch Tauchung oder durch Benetzung mit einem Trägerteil (8) mittelbar aufgetragen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein flüssiges Kühlmittel (12) verwendet wird, welches hinsichtlich seiner Eigenschaften so ausgewählt ist, daß eine Kühlwirkung und zusätzlich eine Dichtwirkung beim nachfolgenden Spritzvorgang erzielt wird, und daß insbesondere ein Gel oder eine thixotrope Flüssigkeit mit den Borstenbündeln in Kontakt gebracht wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als flüssiges Kühlmittel (12) Wasser, gegebenenfalls mit einem vorzugsweise antiseptischen Zusatzmittel zur Keimabtötung mit den Borstenbündeln (4) in Kontakt gebracht wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als flüssiges Kühlmittel (12) Glyzerin insbesondere in Lösung mit Wasser oder

Alkohol mit den Borstenbündeln in Kontakt gebracht wird.

8. verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das flüssige Kühlmittel in einer Menge aufgetragen wird, daß durch die Wärmezufuhr beim Erwärmen der Befestigungsenden (5) und dem nachfolgenden Spritzvorgang das flüssige Kühlmittel zumindest weitgehend verdampft.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein auf den Borstenoberflächen haftendes Kühlmittel aufgebracht wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein gasförmiges Kühlmittel (12) mit den Borstenbündeln (4) in Kontakt gebracht wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß als gasförmiges Kühlmittel (12) ein expandiertes Gas, vorzugsweise Luft, gegebenenfalls Stickstoff mit den Borstenbündeln in Kontakt gebracht wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß das gasförmige Kühlmittel (12) im wesentlichen punktuell mit den einzelnen Borstenbündeln in Kontakt gebracht wird.

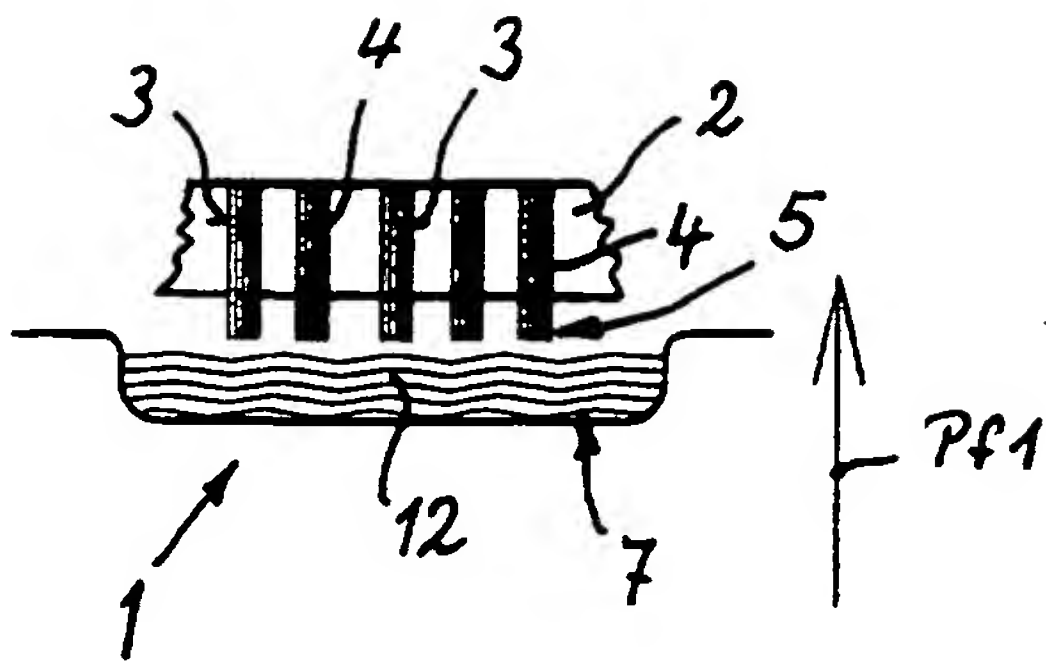
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Erwärmen und Verformen der Befestigungsenden (5) der Borstenbündel (4) nach dem Kühlen bis etwa zur Innenseite der die Durchgangskanäle (3) für die Borstenbündel aufweisenden Formhälfte (2) vorgenommen wird.

---

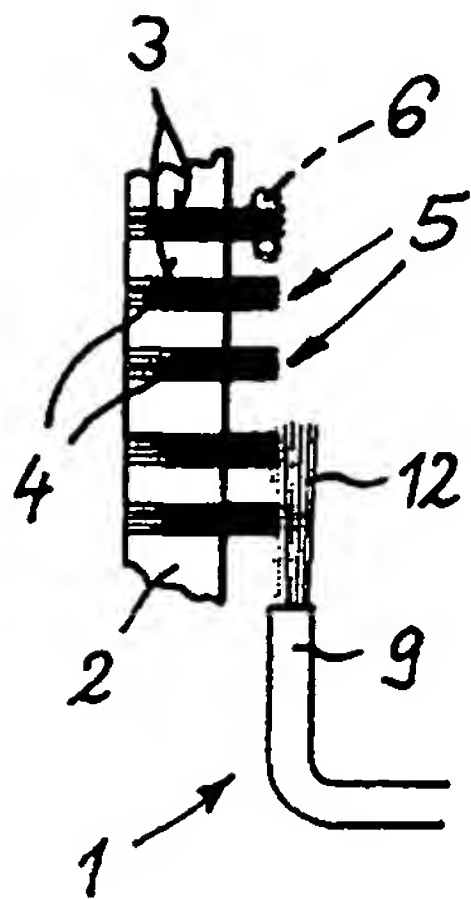
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

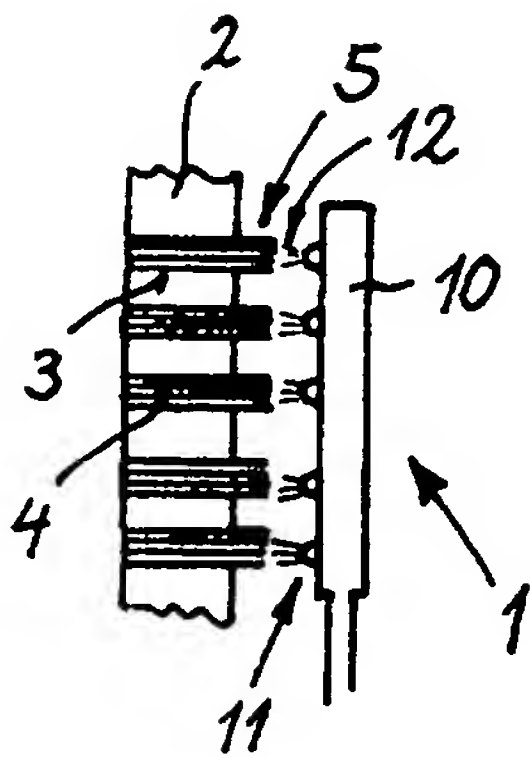
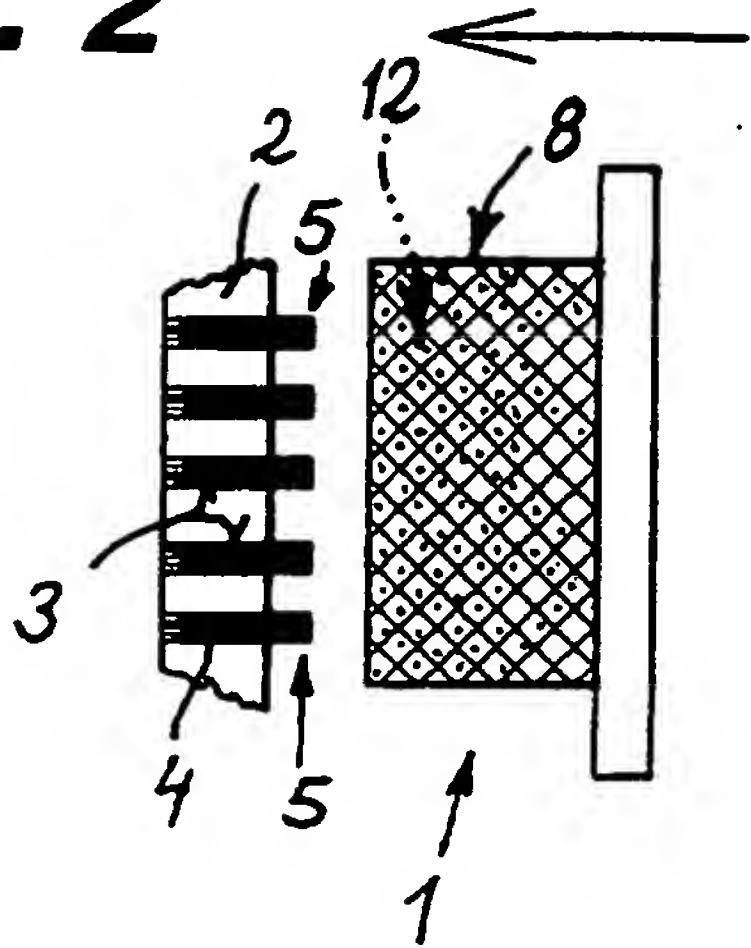


**Fig. 1**



**Fig. 3**

**Fig. 2**



**Fig. 4**